

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-305376

(43)Date of publication of application : 31.10.2001

(51)Int.Cl.

G02B 6/26

G02B 26/08

G02B 27/30

(21)Application number : 2001-036764

(71)Applicant : NIPPON SHEET GLASS CO LTD

(22)Date of filing : 14.02.2001

(72)Inventor : HAMANAKA KENJIRO  
TANIGUCHI SATOSHI

(30)Priority

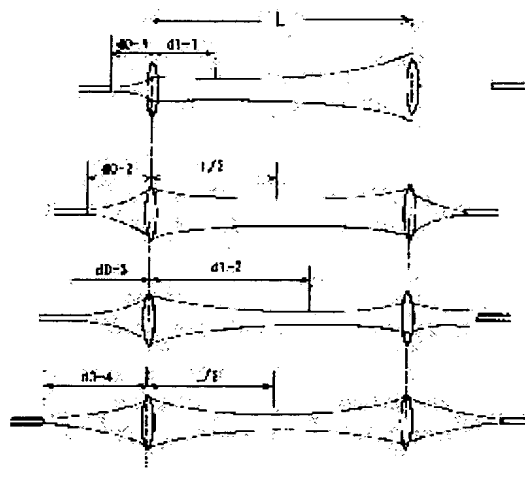
Priority number : 2000038952 Priority date : 17.02.2000 Priority country : JP

**(54) METHOD FOR DESIGNING COLLIMATOR ARRAY DEVICE AND COLLIMATOR ARRAY DEVICE MANUFACTURED BY THE METHOD**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for designing a collimator array device which can reduce an insertion loss due to the change of optical path length.

**SOLUTION:** When a beam waist is positioned in the intermediate position ( $d1=L/2$ ) between the flat plate micro lens of an emitting side and the flat plate micro lens of a light receiving side, a bilaterally symmetrical optical path is obtained. Thus, the interval ( $d0$ ) between the fiber array of the emitting side and the flat plate micro lens of the emitting side can be made into the interval between a fiber array of the light receiving side and a flat plate micro lens of the light receiving side as they are, thus the design of the collimator array device is simplified. Then, when the interval ( $d0$ ) acting as  $d1=L/2$  is calculated, two values, ( $d0-2$ ) and ( $d0-4$ ), constitutes the interval acting as  $d1=L/2$ . Then, the insertion loss due to a deviation during coupling can be reduced by selecting a shorter value ( $d0-2$ ).

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]



(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2001-305376

(P 2001-305376 A)

(43) 公開日 平成13年10月31日 (2001.10.31)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マコ-ト* (参考)
G 0 2 B	6/26	G 0 2 B	2H037
	26/08		E 2H041
	27/30		

審査請求 未請求 請求項の数 1 2 O L

(全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2001-36764 (P2001-36764)

(22) 出願日 平成13年2月14日 (2001. 2. 14)

(31) 優先権主張番号 特願2000-38952 (P2000-38952)

(32) 優先日 平成12年2月17日 (2000. 2. 17)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004008  
日本板硝子株式会社  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号

(72) 発明者 浜中 賢二郎  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号  
日本板硝子株式会社内

(72) 発明者 谷口 敏  
大阪府大阪市中央区北浜四丁目7番28号  
日本板硝子株式会社内

(74) 代理人 100085257  
弁理士 小山 有

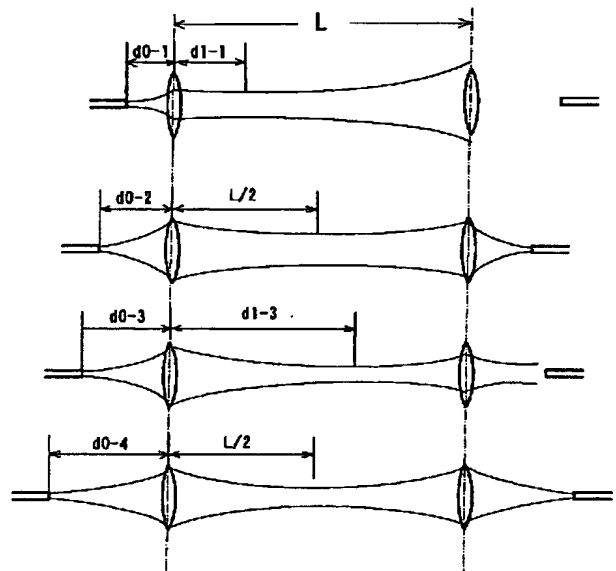
F ターム (参考) 2H037 AA01 BA32 CA13 CA15 CA16  
CA21 CA37 DA18  
2H041 AA16 AB14 AB16

(54) 【発明の名称】 コリメータアレイ装置の設計方法及びこの方法によって作製されたコリメータアレイ装置

## (57) 【要約】

【課題】 光路長の変化による挿入損失を小さくするコリメータアレイ装置の設計方法を提供する。

【解決手段】 射出側平板マイクロレンズと受光側平板マイクロレンズの中間位置 ( $d1=L/2$ ) にビームウエストが位置するようにすれば、左右対称の光路となり、射出側ファイバアレイと射出側平板マイクロレンズとの間隔 ( $d0$ ) をそのまま受光側ファイバアレイと受光側平板マイクロレンズとの間隔にすることができ、コリメータアレイ装置の設計が簡略化される。そこで、 $d1=L/2$  となる間隔 ( $d0$ ) を割出すと、( $d0-2$ ) と ( $d0-4$ ) の2つの値が  $d1=L/2$  となる間隔となる。そして、短い方の値 ( $d0-2$ ) を選定することで、カップリングの際のズレによる挿入損失を小さくすることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 射出側ファイバアレイから出射した gaussian ビームとしての性質を有するレーザ光を射出側レンズでコリメートし、このコリメートされたレーザ光を光機能素子に入射せしめた後、受光側レンズにて収束光とし、この収束光を受光側ファイバアレイに入射せしめるようにしたコリメータアレイ装置の設計方法において、前記射出側レンズから受光側レンズに至るレーザ光の光路長の平均値 ( $L_a$ ) を算出し、射出側レンズでコリメートされたレーザ光のビームウエストの射出側レンズからの距離が ( $L_a/2$ ) となる射出側ファイバアレイと射出側レンズとの間隔 ( $d_o$ ) を 2 つ割出し、これら割出した 2 つの値のうち短い方の値を選択することを特徴とするコリメータアレイ装置の設計方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のコリメータアレイ装置の設計方法において、前記射出側レンズ及び受光側レンズは平板マイクロレンズであることを特徴とするコリメータアレイ装置の設計方法。

【請求項 3】 請求項 1 または請求項 2 に記載のコリメータアレイ装置の設計方法において、前記光機能素子はその動作状態によって前記レーザ光の光路長 ( $L$ ) を変化せしめることを特徴とするコリメータアレイ装置の設計方法。

【請求項 4】 請求項 1 または請求項 2 に記載のコリメータアレイ装置の設計方法において、前記光機能素子は射出側ファイバアレイと受光側ファイバアレイとのチャネル切替えを行う光スイッチアレイであることを特徴とするコリメータアレイ装置の設計方法。

【請求項 5】 請求項 1 または請求項 2 に記載のコリメータアレイ装置の設計方法において、前記光機能素子は 1 個または複数の分波フィルタであることを特徴とするコリメータアレイ装置の設計方法。

【請求項 6】 射出側ファイバアレイから出射した gaussian ビームとしての性質を有するレーザ光を射出側レンズでコリメートし、このコリメートされたレーザ光を光機能素子に入射せしめた後、受光側レンズにて収束光とし、この収束光を受光側ファイバアレイに入射せしめるようにしたコリメータアレイ装置において、前記射出側ファイバアレイと射出側レンズとの間隔 ( $d_o$ ) は、前記射出側レンズから受光側レンズに至るレーザ光の光路長の平均値 ( $L_a$ ) を基準として割出した値のうちの短い方の値であることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 7】 請求項 6 に記載のコリメータアレイ装置において、前記射出側レンズ及び受光側レンズは平板マイクロレンズであることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 8】 請求項 7 に記載のコリメータアレイ装置において、前記射出側平板マイクロレンズ及び受光側平板マイクロレンズは、熱変化があった際に光軸を基準とし

て互いに同一方向に伸縮するように、一端若しくは隣接する二辺のみを固定し、他の部分は非固定とされていることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 9】 請求項 7 に記載のコリメータアレイ装置において、前記射出側光ファイバ端面及びこの光ファイバ端面が当接する射出側平板マイクロレンズ端面は  $2 \sim 10^\circ$  傾斜していることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 10】 請求項 6 または請求項 7 に記載のコリメータアレイ装置において、前記光機能素子はその動作状態によって前記レーザ光の光路長 ( $L$ ) を変化せしめることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 11】 請求項 6 または請求項 7 に記載のコリメータアレイ装置において、前記光機能素子は射出側ファイバアレイと受光側ファイバアレイとのチャネル切替えを行う光スイッチアレイであることを特徴とするコリメータアレイ装置。

【請求項 12】 請求項 6 または請求項 7 に記載のコリメータアレイ装置において、前記光機能素子は 1 個または複数の分波フィルタであることを特徴とするコリメータアレイ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光通信システムの中で、光路切替スイッチモジュールや分波フィルタモジュール等として利用されるコリメータアレイ装置の設計方法とこの設計方法によって得られたコリメータアレイ装置に関する。尚、実際にはコリメータアレイ装置と光スイッチアレイや分波フィルタ等を組み合わせて上記モジュールが作製されるわけであるが、本願ではこれらを総称してコリメータアレイ装置と呼ぶ。

## 【0002】

【従来の技術】 一般的なコリメータアレイ装置 ( $4 \times 4$  光スイッチモジュール) の構造を図 1 及び図 2 に基づいて説明する。図中 1 は射出側ファイバアレイ、2 は射出側平板マイクロレンズ、3 は光スイッチアレイ、4 は受光側マイクロレンズ、5 は受光側ファイバアレイであり、射出側ファイバアレイ 1 および受光側ファイバアレイ 5 は図 1 の II 方向から見た図 2 (a) に示すように、2 枚重ねたシリコン基板 6 a, 6 b 間に複数のシングルモード光ファイバ 1 a, 5 a を挿着して構成され、また射出側平板マイクロレンズ 2 及び受光側マイクロレンズ 4 には直径約  $250 \mu m$  のレンズ 2 a, 4 a が形成され、光スイッチアレイ 3 には各画素毎にミラー 3 a が配置されている。

【0003】 前記ミラー 3 a は、例えば微小なミラーを光路中に挿入または待避したり、反射面前後の材料屈折率を電気的に変化させることによって、光を反射または透過させる。従って、 $4 \times 4$  の各ミラー 3 a の反射/透過の組み合わせで、射出側ファイバアレイ 1 と受光側フ

ファイバアレイ 5 間のチャネル切替えが可能になる。

【0004】そして、射出側ファイバアレイ 1 のシングルモード光ファイバ 1 a の端面から出射したレーザ光は射出側平板マイクロレンズ 2 のレンズ 2 a でコリメートされ、このコリメートされたレーザ光の光路を光スイッチアレイ 3 にて偏向せしめた後、受光側マイクロレンズ 4 のレンズ 4 a にて収束光とし、この収束光を受光側ファイバアレイ 5 のシングルモード光ファイバ 5 a に入射せしめる。

【0005】図 1 では、所定のミラー 3 a を光路に臨ませることで、光ファイバ (A 1) からのレーザ光を光ファイバ (B 4) へ、光ファイバ (A 2) からのレーザ光を光ファイバ (B 2) へ、光ファイバ (A 3) からのレーザ光を光ファイバ (B 3) へ、光ファイバ (A 4) からのレーザ光を光ファイバ (B 1) へそれぞれ入射せしめるようにしている。

【0006】一方、レーザ光は光束の中心部で強度が大きく、周辺部で強度が小さくなるガウシアンビームとして把握される。ガウシアンビームの特徴は、図 3 に示すように、射出側の光ファイバ 1 a から出射した光が射出側のレンズ 2 a にてコリメートされ、受光側のレンズ 4 a で収束せしめられて受光側の光ファイバ 5 a に入射する間に、コリメートされた光が平行光とならず、中間に幅 (2w) のビームウエスト (括れ部) を持ち、更に 1 点 (焦点) には収束しない。

【0007】一方、受光側の挿入損失を小さくするには、受光側のレンズ 4 a から出たレーザ光のビームウエストの位置に正確に受光側の光ファイバ 5 a の端面を一致させ、且つ、受光側ファイバ 5 a のモードフィールド径とそこに入射するレーザビームのビームウエスト幅 (2w1) を一致させること (カップリング) が重要である。

【0008】斯かるカップリングを正確に行うには、射出側のレンズ 2 a と受光側のレンズ 4 a との距離、即ち光路長 (L) の  $1/2$  の位置にレンズ 2 a から出射したレーザ光のビームウエストが一致すること、即ち、射出側平板マイクロレンズ端面からビームウエストまでの間隔 (d1) =  $L/2$  となる必要がある。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】光スイッチアレイ等の光機能素子によってレーザ光の光路を偏向すると、射出側平板マイクロレンズから受光側平板マイクロレンズまでの光路長 (L) も変化する。例えば、図 1 において、光スイッチアレイの 1 画素の間隔を 1 mm (アレイの 1 辺 4 mm)、射出側及び受光側の平板マイクロレンズと光スイッチアレイとの間隔を 2 mm とすると、光ファイバ (A 1) から出射して光ファイバ (B 4) に入射するレーザ光の光路長は 8 mm + 3 mm で最も長く、光ファイバ (A 4) から出射して光ファイバ (B 1) に入射するレーザ光の光路長は 8 mm - 3 mm で最も短くなる。

尚、8 mm を基準としたのはこれが平均長となるからである。

【0010】一方、図 3 で説明したように、射出側レンズ 2 a から受光側レンズ 4 a に至るレーザ光はビームウエストを有しこのビームウエストの位置 (d1) は射出側光ファイバ 1 a 端と射出側レンズ 2 a との間隔 (d0) で決まってしまう。したがって、図 3 で示す状態から光路長 (L) が変化すると、つまり受光側レンズ 4 a の位置が図において左右に移動すると、受光側レンズ 4 a から出たレーザ光のビームウエスト 2w2 の位置も変化し、ビームウエスト 2w2 の位置と受光側光ファイバ 5 a の端面とがずれ、挿入損失が大きくなる。

【0011】また、ファイバアレイ 1、5 と平板マイクロレンズ 2、4 の材質が異なると、両者の線膨張率も異なってくる。したがって、熱変化があると光ファイバの芯とレンズ中心とがズレを生じることになる。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記したように、一対のファイバアレイと一対の平板マイクロレンズでコリメート光学系を構成し、そのコリメート光路中に様々な光機能素子を挿入して光機能アレイモジュールを作製する際、光機能素子の動作状態や挿入位置、部品固定精度によって、光路長が理想状態からずれたり、変動することがある。このような光路長変動を伴うコリメートアレイ光学系に対して、最適な設計方法を提供することが本願の第 1 の目的である。また、光機能素子の動作状態や挿入位置、部品固定精度によって、光路長が理想状態からずれたり、変動する問題は平板マイクロレンズを用いた場合に限らず、一般的な収束性レンズ (正のパワーを持ったレンズ) を用いた光学系にも言えることである。したがって、このような光学系に対して、最適な設計方法を提供することも本願の目的である。

【0013】光路長の変化の問題を解決するため本発明の具体的な構成は、光機能素子を備えたコリメータアレイ装置を設計するにあたり、射出側光ファイバと受光側光ファイバの組合わせによって変化する光路長 (L) から平均値 (La) を算出し、また、射出側レンズでコリメートされたレーザ光のビームウエストの射出側レンズからの距離が (La/2) となる射出側ファイバアレイと射出側レンズとの間隔 (d0) を算出するようにした。

【0014】特に、レーザ光のビームウエストの射出側レンズからの距離 (d1) が (La/2) となる射出側ファイバアレイと射出側レンズとの間隔 (d0) は 2 つ存在するが、短い方の (d0) を選択した方が前記光路長変動に対する挿入損失の劣化を小さくすることができることを本発明は知見した。射出側レンズおよび受光側レンズとしては平板マイクロレンズの他に、球面レンズや非球面レンズなどの均質レンズ、半径方向屈折率分布ロッドレンズ、光軸方向屈折率分布球面レンズなどの屈折

率分布型レンズ、フレネルレンズなどの回折型レンズが考えられる。

【0015】前記光機能素子はその動作状態によって前記レーザ光の光路長(L)を変化せしめるものであり、具体的には、射出側ファイバアレイと受光側ファイバアレイとのチャネル切替えを行う光スイッチアレイ或いは分波フィルタが挙げられる。

【0016】また、本願の第2の目的である熱膨張によるズレを最小限に抑えるため、熱変化があった際に、前記射出側平板マイクロレンズ及び受光側平板マイクロレンズが光軸を基準として互いに同一方向に伸縮するように、射出側又は受光側平板マイクロレンズの一端若しくは隣接する二辺のみを固定し、他の部分は非固定とした。

【0017】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施の形態を添付図面に基いて説明する。コリメータアレイ装置の構造は、図1及び図2(a)に示した従来構造と同様であるので、説明は省略する。

【0018】但し、射出側光ファイバ1aと射出側平板マイクロレンズ2との当接構造については図2(b)または(c)に示すような改良を加えることができる。即ち、図2(b)に示す例にあっては射出側光ファイバ1aの端面とこの端面に当接する射出側平板マイクロレンズ2の端面を研磨することで2~10°傾斜せしめている。このようにすることで、ファイバ射出端とマイクロレンズアレイ基板の屈折率の僅かな差に起因して生ずる反射光が、ファイバに直接戻らなくなり、反射ノイズを低減することができる。また同図(c)に示す例にあって

$$\left(\frac{\omega l}{\omega_0}\right)^2 = \frac{1}{\left(\frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{1}{f}\right)^2 + \left(1 - \frac{d_0}{f}\right)^2}$$

【0022】これら式(1)、(2)を用い、波長1.55μm、ファイバのモードフィールド径10.5μm、平板マイクロレンズの焦点距離700μmとしたときのシミュレーション結果を図4のグラフに示す。

【0023】一方、図5は図4に示した間隔(d0)と間隔(d1)の関係をカップリング条件との関係で説明した図であり、これらの図から、間隔(d0)の最も小さい値(本例では700μm程度)から徐々に大きくしてゆくと、間隔(d1)もそれにつれて大きくなる。

【0024】一方、前述のように、コリメータ光学系において中間ウエスト位置をL/2とすることが、カップリング条件として必要であり、上記実施例でLa=8mmであれば、d1=4mmとすることになり、これを与えるd0の条件が式(1)から2つ(図4ではd0-2=725.4μmとd0-4=823.1μm)求められる。

【0025】一方、図5に示すように、他の値(d0-

では2枚のマイクロレンズアレイを貼り合わせて射出側平板マイクロレンズ2としている。このようにすることで、ファイバの種類によって開口率(NA)が大きいレンズが必要となってもそれに対処することができる。つまり1枚でNA=0.2ならば、2枚貼り合わせることでNAは約0.4になる。尚、上記の光ファイバと平板マイクロレンズとの当接構造は、受光側の光ファイバと平板マイクロレンズにも応用できる。

【0019】前記したように、射出側光ファイバ1aから受光側光ファイバ5aに至る光学系での最大効率を得る条件は、d1=L/2とすることである。そして、ガウシアンビームのビームウエストのレンズによる変換は、入射側ウエスト幅(2w0)、レンズで変換後のウエスト幅(2w1)、レンズの焦点距離(f)、波長

(λ)、入射側ウエストとレンズ間距離(d0)、レンズ変換後ウエスト距離(d1)としたとき、以下の式

(1)、(2)で表される。(参考文献「現代工学社光結合系の基礎と応用 河野健治著(第3章、第4章)」)

【0020】

【式1】

$$d1 = \frac{\left(\frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{1}{f}\right) - d_0 \left(1 - \frac{d_0}{f}\right)}{\left(\frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}\right)^2 \left(\frac{1}{f}\right)^2 + \left(1 - \frac{d_0}{f}\right)^2}$$

【0021】

【式2】

1)ではビームウエストの位置が射出側平板マイクロレンズ側に寄ってしまい、正確にカップリングできない。逆に(d0-3)ではビームウエストの位置が受光側平板マイクロレンズ側に寄ってしまい、同じく正確にカップリングできない。即ち、受光側ファイバアレイ(射出側ファイバアレイと同じモードフィールド径10.5μmとする)の位置でビームウエストを形成しなかったり、形成されたビームウエスト幅が10.5μmより大きくなったり小さくなったりして、結合効率が低下する。

【0026】この条件に対する挿入損失(結合率η)は、上記式(2)を2つの平板マイクロレンズアレイについて各々施して、受光側ファイバ位置でのウエスト幅(2w2)を求めた後、以下の式(3)を用いて計算することができる。

【0027】

【式3】

$$\eta = \kappa \exp \left[ -\kappa \left\{ \frac{x_0^2}{2} \left( \frac{1}{\omega_0^2} + \frac{1}{\omega_1^2} \right) \right\} \right]$$

ただし

$$\kappa = \frac{4}{\left( \frac{\omega_0}{\omega_1} + \frac{\omega_1}{\omega_0} \right)^2 + \left( \frac{\lambda Z}{\pi \omega_0 \omega_1} \right)^2}$$

【0028】式(3)の $z$ はウエスト位置の受光側ファイバ端面からの光軸方向のズレであり、これも上式

(1)を2回施すことによって求められる。 $x_0$ はビームウエストの横方向のズレ量を表している。

【0029】このように式(3)を用いて、上記入射側ウエストとレンズ間距離( $d_0$ )の2条件に対して光路長( $L$ )の変動を加味して挿入損失を求めたのが図6である。この図6から( $d_0$ )の2条件のうち短い方が本用途にとって好ましいことが分る。

【0030】即ち、前記したように光スイッチアレイを備えたコリメータアレイ装置にあっては、射出側光ファイバと受光側光ファイバの組み合わせによって光路長

( $L$ )が変化してしまう。そして光路長( $L$ )が変化すると受光側平板マイクロレンズ端面から出射するレーザ光のビームウエスト位置が変化し、ズレが生じる。このズレを完全になくすのはコリメータアレイ装置の構成上困難である。しかしながら、 $d_1 = L/2$ となる間隔として短い方の値( $d_0 - 2$ )つまり実施例の場合は725.4  $\mu\text{m}$ を選定することで、カップリングの際のズレによる挿入損失を小さくすることができる。

【0031】図7は別実施例に係るコリメータアレイ装置を示す図1と同様の図であり、この実施例にあっては、射出側平板マイクロレンズ2及び受光側マイクロレンズ4の一端のみを動かさないように支持体6で拘束し、他の部分は熱変化に応じて伸縮可能にされている。

【0032】前記したように、ファイバアレイと平板マイクロレンズの材質が異なると、両者の線膨張率も異なってくる。その結果、光軸に対し平板マイクロレンズのレンズ中心がズレることになる。

【0033】図9は射出側マイクロレンズと受光側マイクロレンズのずれ方向と挿入損失との関係を示すグラフであり、ずれの方向が図8(a)に示すように、射出側平板マイクロレンズ2と受光側マイクロレンズ4とで光軸を基準として反対方向であると、受光側マイクロレンズ4から出たレーザ光のビームウエストが受光側ファイバアレイ5のシングルモード光ファイバ5aの端面から大きく外れることになる。そこで、支持体6で射出側平板マイクロレンズ2及び受光側マイクロレンズ4の特定一端のみを拘束する構成としている。

【0034】例えば、一端を剛体に押し付けて接着または固定し、他端はヤング率が比較的低く、柔らかめ

の接着剤で若干ルーズに固定する。

【0035】図10は平板マイクロレンズの拘束方法の別実施例を示す図であり、この実施例にあっては、平板マイクロレンズ2、4の隣接する二辺のみを支持体6で拘束し、他の部分は伸縮可能な構成としている。

【0036】図示例では、光機能素子として光スイッチアレイを示したが、光スイッチアレイに限られず、分波フィルタ等の光路長( $L$ )を変化せしめるための光機能素子を組み込んだコリメータアレイ装置に対しても本発明は適用される。なお、本願の平板マイクロレンズアレイは、1枚の基板にマイクロレンズが一体形成されているものに限らず、例えば、ボールレンズ、屈折率分布型ロッドレンズ、非球面レンズ等を別基板、ホルダー、ハウジング等を用いて配列したマイクロレンズアレイであってもよい。この場合、本願の設計方法は同様に適用され、また、本願のマイクロレンズ固定方法は、マイクロレンズアレイと、その配列基準になる基板、ホルダー等を含めたものに適用される。

【0037】尚、実施例で述べた数値例はほんの1例であり、当該装置を構成するファイバ、使用波長、レンズ焦点距離などの数値に対して、式1~3を用いて本明細書の記載の通りに、個々に適正数値を算出して指定すればよいのは言うまでもなく、個々に同様の効果が得られる。また、実施例で収束性レンズとして平板マイクロレンズを用いた例を示したが、これに限定されず、球面レンズや非球面レンズなどの均質レンズ、半径方向屈折率分布ロッドレンズ、光軸方向屈折率分布球面レンズなどの屈折率分布型レンズ、フレネルレンズなどでもよい。しかしながら、平板マイクロレンズを用いれば、同一平面上にレンズが配列されているので個々のレンズを配列固定する手間が省ける。また、平板マイクロレンズはホトマスクを介してイオン交換法或いは湿式エッチングにて各レンズを形成するので、各レンズの配列位置が高精度になる。更に、イオン交換法などの一括プロセスで製作されるため、アレイ内の各レンズの焦点距離、球面収差などの性能のバラツキを極めて小さくすることができる。

【0038】

【発明の効果】以上に説明したように本発明によれば、コリメータアレイ装置を設計するにあたり、射出側レンズ(平板マイクロレンズ)から受光側レンズ(平板マイ

クロレンズ)に至るレーザ光の光路長の平均値 ( $L_a$ ) を算出し、射出側レンズ (平板マイクロレンズ) でコリメートされたレーザ光のビームウエストの射出側レンズ (平板マイクロレンズ) からの距離が ( $L_a/2$ ) となる射出側ファイバアレイと射出側レンズ (平板マイクロレンズ) との間隔 ( $d_0$ ) を 2 つ割出し、これら割出した 2 つの値のうち短い方の値を選択するようにしたので、単に正確なカップリングが行えるだけでなく、光路長の変化による挿入損失を可及的に少なくすることが可能となる。

【0039】また、本発明記載の部品固定方法を適用することで、ファイバアレイと平板マイクロレンズアレイの材料の熱膨張係数に差があっても、そのために生じる光軸ズレに起因する損失増加を少なく抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 コリメータアレイ装置の概略構成図

【図 2】 (a) は射出側ファイバアレイと射出側平板マイクロレンズとの接合部を図 1 の II 方向から見た拡大図、(b) 及び (c) は別実施例を示す図。

【図 3】 ガウシアンビームの特徴を説明した図

【図 4】 射出側ファイバアレイ端面からマイクロレンズ端面までの間隔 ( $d_0$ ) と射出側平板マイクロレンズ端

面からビームウエストまでの間隔 ( $d_1$ ) との関係を示すグラフ

【図 5】 図 4 に示した間隔 ( $d_0$ ) と間隔 ( $d_1$ ) の関係をカップリング条件との関係で説明した図

【図 6】 光路長 ( $L$ ) の変化と挿入損失との関係を間隔 ( $d_0$ ) を基準にして示したグラフ

【図 7】 別実施例に係るコリメータアレイ装置を示す図 1 と同様の図

【図 8】 (a) 及び (b) は平板マイクロレンズの熱膨張によるファイバアレイとのズレの関係を説明した図

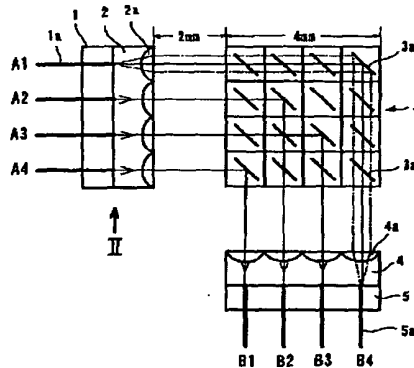
【図 9】 射出側マイクロレンズと受光側マイクロレンズのずれ方向と挿入損失との関係を示すグラフ

【図 10】 平板マイクロレンズの拘束方法の別実施例を示す図

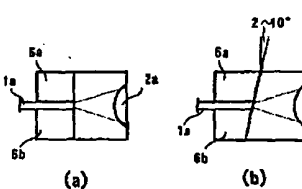
【符号の説明】

1…射出側ファイバアレイ、1a…シングルモード光ファイバ、2…射出側平板マイクロレンズ、2a…レンズ、3…光スイッチアレイ、3a…ミラー、4…受光側マイクロレンズ、4a…レンズ、5…受光側ファイバアレイ、5a…シングルモード光ファイバ、6…支持体、 $d_0$ …射出側ファイバアレイと射出側平板マイクロレンズとの間隔、 $d_1$ …射出側平板マイクロレンズ端面からビームウエストまでの間隔、 $L$ …光路長。

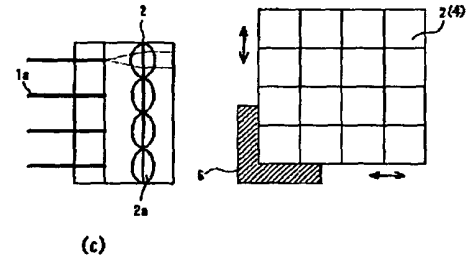
【図 1】



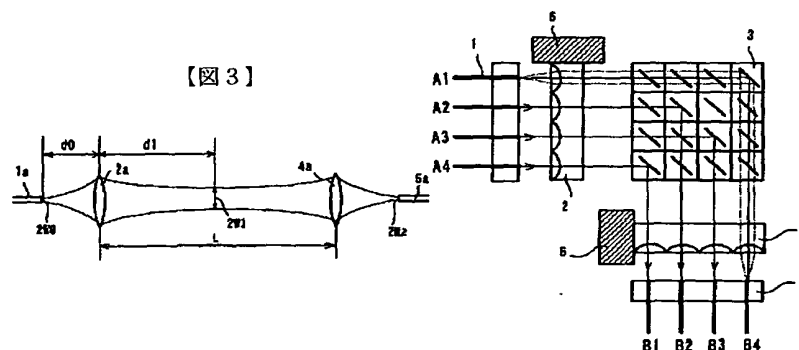
【図 2】



【図 10】

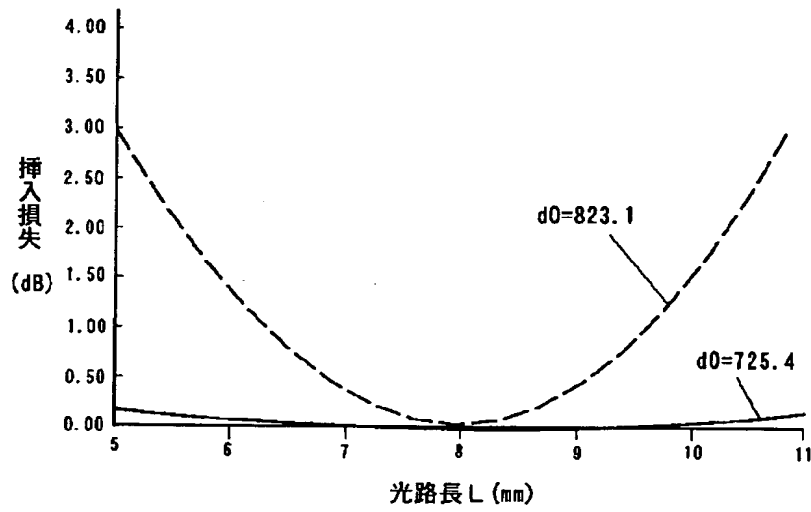


【図 7】

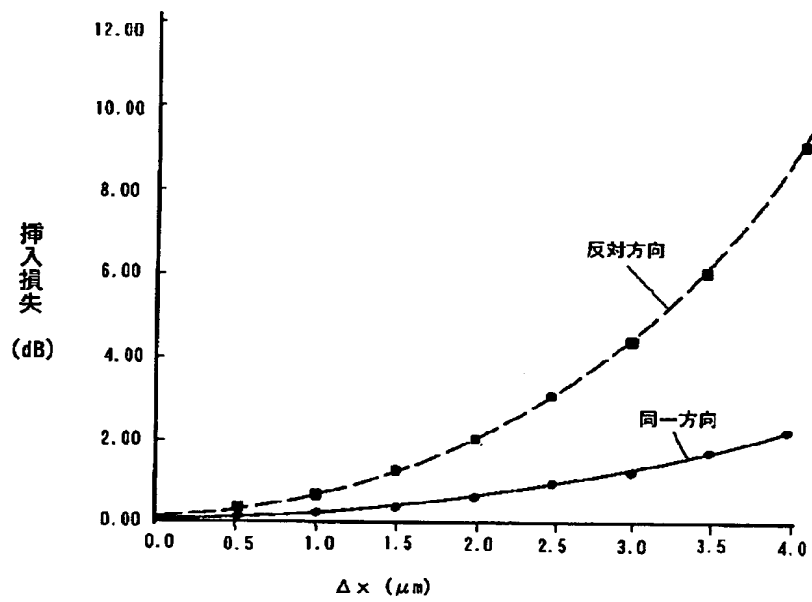




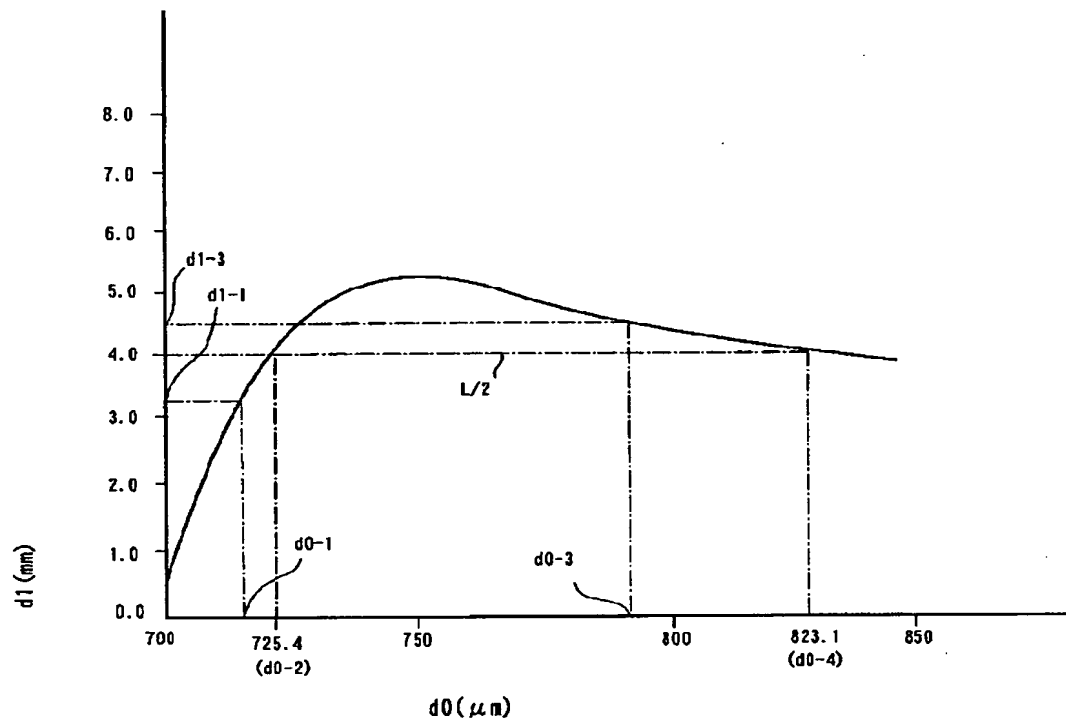
【図6】



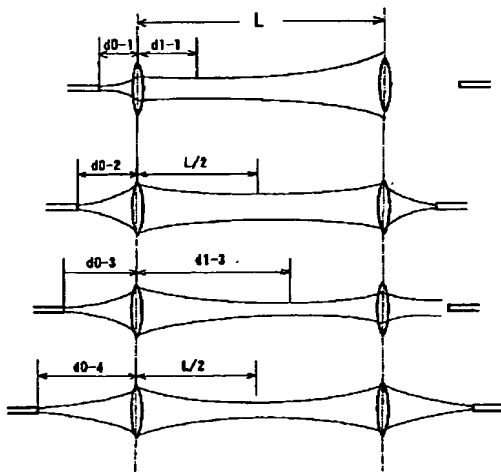
【図9】



【図4】



【図5】



【図8】

